

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.

19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

12 Offenlegungsschrift  
10 DE 41 11 614 A 1

51 Int. Cl. 5:  
B 60 K 28/16  
B 60 T 8/32  
B 62 D 37/00

21 Aktenzeichen: P 41 11 614.3  
22 Anmeldetag: 10. 4. 91  
43 Offenlegungstag: 15. 10. 92

DE 41 11 614 A 1

71 Anmelder:  
Bayerische Motoren Werke AG, 8000 München, DE

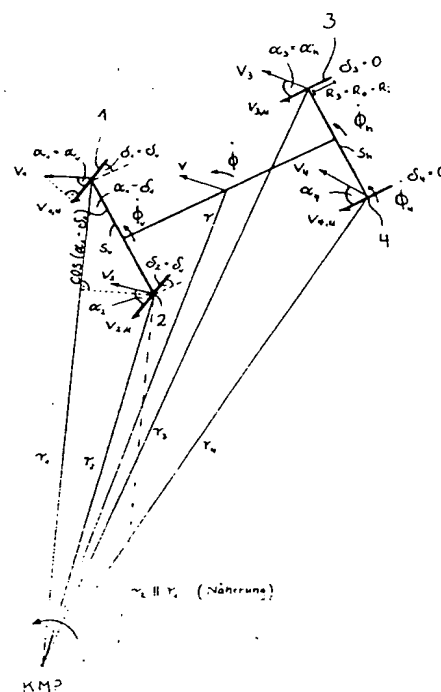
72 Erfinder:  
Schwartz, Ekkehard, 3200 Hildesheim, DE

56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit  
in Betracht zu ziehende Druckschriften:

DE 39 12 045 A1  
DE 38 40 456 A1  
DE 37 31 756 A1  
DE 35 45 715 A1  
DE 35 45 543 A1

54 Verfahren zur Erkennung querdynamischer Instabilitäten bei einem zweiachsigen Fahrzeug in Kurven

57 Bei dem Verfahren zur Erkennung querdynamischer Instabilitäten bei einem zweiachsigen Fahrzeug in Kurvenfahrt werden die Drehzahlen der Vorder- und Hinterräder erfasst, wird jeweils unter der Annahme eines stabilen Fahrzustandes ein erster Gierwinkelgeschwindigkeitswert ( $\dot{\phi}_v$ ) aus den Vorderraddrehzahlen und ein zweiter Gierwinkelgeschwindigkeitswert ( $\dot{\phi}_h$ ) aus den Hinterraddrehzahlen gebildet, wird die Differenz der beiden Gierwinkelgeschwindigkeitswerte ( $\dot{\phi}_{v/h}$ ) gebildet, wonach diese Differenz der beiden Gierwinkelgeschwindigkeitswerte ( $\dot{\phi}_{v/h}$ ) mit einem vorgegebenen Toleranzwert verglichen wird und eine querdynamische Instabilität erkannt wird, wenn die Differenz der beiden Gierwinkelgeschwindigkeitswerte ( $\dot{\phi}_{v/h}$ ) den vorgegebenen Toleranzwert überschreitet.



DE 41 11 614 A 1

## Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

Ein derartiges Verfahren ist aus der DE 35 45 715 A1 bekannt, in der eine Einrichtung zur Vortriebsregelung zur Einhaltung stabiler Fahrzustände beschrieben ist.

Bei der aus der DE 35 45 715 A1 bekannten Einrichtung werden zur Erkennung von stabilen Fahrzuständen mittels Sensoren Ist-Zustandsgrößen ermittelt, z. B. die Differenz der Vorderraddrehzahlen, die Querbesehleunigung oder die Gierwinkelgeschwindigkeit, und mit den entsprechenden Soll-Zustandsgrößen verglichen, die aus der Fahrgeschwindigkeit und dem Lenkwinkel berechnet werden. Die Fahrgeschwindigkeit und der Lenkwinkel resultieren aus dem Fahrerwunsch, der somit indirekt die Soll-Zustandsgrößen vorgibt.

Bei einem aus der DE 35 45 715 A1 bekannten Sensorsystem werden die Drehzahlen der Vorder- und der Hinterräder sowie der Lenkwinkel erfaßt. Dieses System hat den Nachteil, daß zusätzlich zu den Raddrehzahlen der Lenkwinkel erfaßt werden muß. Zur Erfassung des Lenkwinkels werden Potentiometer eingesetzt, die eine hohe Ausfallwahrscheinlichkeit aufweisen und bei redundanter Ausführung sehr kostenintensiv sind.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren eingangs genannter Art zu schaffen, bei dem als zu verarbeitende Meßgrößen nur die Raddrehzahlen erfaßt werden.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die im Patentanspruch 1 angegebenen Merkmale gelöst.

Der Vorteil des erfindungsgemäßen Verfahrens gegenüber den bekannten Verfahren liegt darin, daß zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens ausschließlich Sensoren zur Raddrehzahlerfassung benötigt werden. Zudem sind diese Sensoren in der Regel Induktivgeber, die vielfach zur Drehzahlerfassung in Fahrzeugen eingesetzt werden und sich dabei als besonders zuverlässig gezeigt haben. In Fahrzeugen mit ABS (Antiblockiersystem) oder ASR (Antischlupfregelung) sind die Raddrehzahlsensoren bereits vorhanden, so daß zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens nicht zwingend eine eigene Sensorik benötigt wird. Im folgenden wird das erfindungsgemäße Verfahren näher erläutert.

Grundlage der Erfindung ist die physikalische Eigenschaft der Gierwinkelgeschwindigkeiten eines sich bewegend, gleichzeitig einen Kreis beschreibenden Körpers an beliebigen Punkten dieses Körpers. Bewegt sich der Körper derart, daß jeder Punkt des Körpers zu jedem Zeitpunkt den gleichen Abstand zum Kreismittelpunkt besitzt, sind die Gierwinkelgeschwindigkeitswerte an jedem Punkt des Körpers gleich bzw. sind die Differenzen von jeweils zwei Gierwinkelgeschwindigkeiten an zwei beliebigen Punkten des Körpers zumindest nahezu Null.

Der Gierwinkelgeschwindigkeitswert eines sich um einen Kreismittelpunkt bewegend, oder Punktes eines Körpers ist gleich dem Quotienten der Geschwindigkeit des Körpers oder des Punktes eines Körpers und des Radius des Kreises, den der Körper oder der Punkt eines Körpers durch seine Bewegung beschreibt.

Ein solcher Körper kann ein Fahrzeug sein, das um eine beliebig gekrümmte Kurve fährt. Bleibt das Fahrzeug querdynamisch stabil, d. h. besitzt jeder Punkt des Fahrzeugs zu jedem Zeitpunkt den gleichen Abstand zum Kreismittelpunkt der Kurve, sind die Gierwinkelgeschwindigkeitswerte in jedem Punkt dieses Fahrzeugs gleich.

Die Gierwinkelgeschwindigkeitswerte nehmen unterschiedliche Werte an, wenn das Fahrzeug querdynamisch instabil wird:

Bricht das Fahrzeugheck aus, ist z. B. der Gierwinkelgeschwindigkeitswert der Vorderachse ein anderer als der der Hinterachse, da die Bewegung der Hinterachse einen anderen Kreis als die der Vorderachse beschreibt. Es liegt daher querdynamische Instabilität vor, wenn die Differenz zweier Gierwinkelgeschwindigkeiten nicht zumindest nahezu Null ergibt.

Erfindungsgemäß werden zur Erkennung von instabilen Fahrzuständen also nicht die Gierwinkelgeschwindigkeitswerte an zwei Punkten des Fahrzeuges selbst, sondern nur die Differenz der beiden Gierwinkelgeschwindigkeitswerte vorteilhafterweise die der Vorder- und Hinterachse, berechnet. Querdynamische Instabilität ist erfindungsgemäß durch die Berechnung der Differenz dieser Gierwinkelgeschwindigkeitswerte und durch den Vergleich mit einem Toleranzwert feststellbar, wobei die Berechnung der Differenz dieser Gierwinkelgeschwindigkeitswerte allein von den Raddrehzahlen an den Vorder- und Hinterrädern abhängt.

Dieses erfindungsgemäße Verfahren erhöht mit dem Wegfall unzuverlässiger Sensoren die Verfügbarkeit und reduziert gleichzeitig Kosten durch Wegfall von redundanten oder aufwendigen Sensoren. Zudem ist das rechnerische Vorgehen zur Erkennung eines instabilen Fahrzustandes durch seine Einfachheit und seine Unabhängigkeit vom Fahrerwunsch besonders zuverlässig.

Eine besonders vorteilhafte Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist Gegenstand des Patentanspruchs 2. Treten bei Kurvenfahrt Querkräfte auf, so stellen sich an jedem Rad des Fahrzeuges ein entsprechender Schräglaufwinkel und ein entsprechender Umfangsschlupf ein. Würden unter Berücksichtigung des Schräglaufwinkels und des Umfangsschlupfes die Gierwinkelgeschwindigkeiten selbst berechnet werden, müßten sowohl der Umfangsschlupf als auch die Schräglaufwinkel der Räder erfaßt werden. Hierzu wären zusätzlich aufwendige Sensoren zur Erfassung dieser Größen notwendig. Erfindungsgemäß wird die Formel zur Berechnung der Differenz der Gierwinkelgeschwindigkeitswerte an zwei Punkten des Fahrzeuges unter der Annahme aufgestellt, daß das Fahrzeug sich in einem stabilen Fahrzustand befindet, also die Schräglaufwinkel und der Umfangsschlupf der einzelnen Räder vernachlässigbar klein sind. Diese Formel enthält erfindungsgemäß als einzige Variable die Raddrehzahlen, und ergibt Null, wenn alle Raddrehzahlen gleiche Werte aufweisen. Ein instabiler Fahrzustand wird demnach daran erkannt, daß die Differenz der Gierwinkelgeschwindigkeitswerte ungleich Null ist, da sich die Werte der Raddrehzahlen im instabilen Fahrzustand unterscheiden. Durch diese Weiterbildung der Erfindung wird auf zuverlässige Weise mit besonders einfachem rechnerischem Vorgehen ein instabiler Fahrzustand erkannt.

Eine mögliche Ausgestaltung der Erfindung ist Gegenstand des Patentanspruchs 3. Durch die Formel

$$\delta \dot{\Phi}_{v/h} = \left[ \frac{(w_1 - w_2)}{s_v} - \frac{(w_3 - w_4)}{s_h} \right] \cdot R_0$$

wird erfindungsgemäß besonders einfach auf querdynamische Instabilität geschlossen: Ist  $\delta \dot{\Phi}_{v/h}$  nicht zumindest nahezu Null, liegt querdynamische Instabilität vor.  $\delta \dot{\Phi}_{v/h}$  ist die Differenz der Gierwinkelgeschwindigkeiten an der Vorder- und an der Hinterachse, wobei als einzige Variablen die Winkelgeschwindigkeiten der Vorder ( $w_1, w_2$ ) und Hinterräder ( $w_3, w_4$ ) benötigt werden, die aus den jeweiligen Raddrehzahlen berechnet sind.  $R_0, s_v$  und  $s_h$  sind Konstanten, wobei  $R_0$  der Radius der Räder ist, sowie  $s_v$  und  $s_h$  die Spurweiten jeweils der Vorder- und Hinterachse sind.

Werden nicht die Gierwinkelgeschwindigkeitswerte selbst berechnet, sondern sofort die Differenz der Gierwinkelgeschwindigkeitswerte, können zusätzliche Variable wie Schräglaufwand und Umfangsschlupf vernachlässigt werden, wodurch eine vereinfachte Formel mit den Winkelgeschwindigkeiten oder den Raddrehzahlen als einzige Variable ausreicht.

Es zeigt die Figur Auftrittort und Wirkungsrichtung der Größen, die in einem Fahrzeug bei Kurvenfahrt vorherrschen:

Die Figur zeigt schematisch die Draufsicht eines Fahrzeugs mit vier Rädern (1, 2, 3 und 4), einer Vorderachse mit der Spurweite  $s_v$  und einer Hinterachse mit der Spurweite  $s_h$ , das um eine Kurve mit dem Kreismittelpunkt KPM fährt. Die Winkel  $\alpha_i$  ( $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ ) sind Schräglaufwinkel, die den Winkel zwischen jedem Rad in Umfangsrichtung und den Vektoren der sog. "Radgeschwindigkeiten"  $v_i$  ( $v_1, v_2, v_3, v_4$ ) beschreiben. Der Begriff "Radgeschwindigkeit" bedeutet hier und im folgenden die Geschwindigkeit, mit der sich der Schwerpunkt eines jeden Rades insgesamt fortbewegt. Aus den Vektoren der Radgeschwindigkeiten  $v_i$  ( $v_1, v_2, v_3, v_4$ ) sind die Geschwindigkeitsanteile der Radgeschwindigkeiten in Radumfangsrichtung ebenfalls als Vektoren dargestellt ( $v_{i,u}$ :  $v_{1,u}, v_{2,u}, v_{3,u}, v_{4,u}$ ), berechenbar. Wie in der Figur durch das kleine rechtwinklige Dreieck eingezeichnet ist, ist z. B. der Vektor  $v_{1,u}$  das Produkt der Radgeschwindigkeit  $v_1$  und des Cosinus des Schräglaufwinkels  $\alpha_1$ .

Die Winkel  $\delta_i$  ( $\delta_1, \delta_2, \delta_3, \delta_4$ ) sind die Radeinschlagswinkel, wobei in der Zeichnung nur die Vorderräder eingeschlagen sind. Die Radeinschlagswinkel beschreiben den Winkel zwischen jedem Rad in Umfangsrichtung und der Längsachse des Fahrzeugs. Die Radien der Räder  $R_1, R_2, R_3$  und  $R_4$  werden für jedes Rad gleich angenommen

$$(R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = R_0).$$

In der Figur ist daher nur  $R_1 = R_0$  als Beispiel eingetragen.

Die Radien  $r_i$  ( $r_1, r_2, r_3, r_4$ ) stellen jeweils den Abstand der Räder vom Kreismittelpunkt KPM dar. Der Radius  $r$  ist der Abstand des Fahrzeugschwerpunktes vom Kreismittelpunkt KPM. Am Schwerpunkt des Fahrzeugs ist die Geschwindigkeit  $v$  des Gesamtfahrzeugs als Vektor eingezeichnet. Hier wirkt auch die Gierwinkelgeschwindigkeit des Gesamtfahrzeugs  $\dot{\Phi}$ . Mit  $\dot{\Phi}_v$  und  $\dot{\Phi}_h$  sind die Gierwinkelgeschwindigkeiten an der Vorder- und Hinterachse beschriftet.

$$\dot{\Phi}, (\dot{\Phi}_1, \dot{\Phi}_2, \dot{\Phi}_3, \dot{\Phi}_4)$$

sind die Gierwinkelgeschwindigkeiten an den einzelnen Rädern, wobei in der Zeichnung als Beispiel die Gierwinkelgeschwindigkeit an dem Rad 4  $\dot{\Phi}_4$ , eingetragen ist.

Anhand der beschriebenen Größen soll die erfindungsgemäße Formel für die Differenz der beiden Gierwinkelgeschwindigkeitswerte an der Vorder- und Hinterachse ( $\delta \dot{\Phi}_{v/h}$ ) hergeleitet und erläutert werden:

Zunächst sollen die Formeln der Gierwinkelgeschwindigkeitswerte an der Vorderachse und an der Hinterachse in Abhängigkeit aller in der Figur dargestellten Größen aufgestellt werden. Umfangsschlupf und Schräglaufwinkel werden also noch nicht vernachlässigt.

Der Gierwinkelgeschwindigkeitswert eines sich um einen Kreismittelpunkt KMP bewegendes Fahrzeugs ( $\dot{\Phi}$ ) errechnet sich aus dem Quotienten der Geschwindigkeit des Fahrzeugs ( $v$ ) und dem Radius ( $r$ ) des Kreises, den das Fahrzeug durch seine Bewegung um den Kreismittelpunkt KMP beschreibt. Der Gierwinkelgeschwindigkeitswert eines sich um einen Kreismittelpunkt KMP bewegendes Punktes eines Fahrzeugs ( $\dot{\Phi}_i$ ) errechnet sich aus dem Quotienten der Geschwindigkeit eines Fahrzeugpunktes ( $v_i$ ) und dem Radius ( $r_i$ ) des Kreises, den ein Fahrzeugpunkt durch seine Bewegung um den Kreismittelpunkt KMP beschreibt.

Die allgemeine Formel lautet damit:

$$\dot{\Phi} = \frac{v}{r}$$

$$\text{bzw. } \dot{\Phi}_i = \frac{v_i}{r_i}$$

wobei  $i = 1, 2, 3, 4$ .

Befindet sich das Fahrzeug im stabilen Fahrzustand, ergibt sich für das Gesamtfahrzeug und jeden Fahrzeugpunkt dieselbe Gierwinkelgeschwindigkeit

$$\dot{\Phi} = \dot{\Phi}_v = \dot{\Phi}_h = \dot{\Phi}_1 = \dot{\Phi}_2 = \dot{\Phi}_3 = \dot{\Phi}_4,$$

wobei

$\dot{\Phi}_i$  ( $i=1, 2, 3, 4$ ) jeweils die Gierwinkelgeschwindigkeit eines Rades,  $\dot{\Phi}_v$  die Gierwinkelgeschwindigkeit an der Vorderachse und  $\dot{\Phi}_h$  die Gierwinkelgeschwindigkeit an der Hinterachse ist.

Will man querdynamische Instabilität, wie z. B. das Ausbrechen des Fahrzeughecks, erkennen, vergleicht man die Gierwinkelgeschwindigkeitswerte an zwei Punkten des Fahrzeugs, in diesem Beispiel vorzugsweise an der Vorderachse  $\dot{\Phi}_v$  und an der Hinterachse  $\dot{\Phi}_h$ .

Ist die Differenz dieser beiden Gierwinkelgeschwindigkeiten zumindest nahezu Null ( $\delta \dot{\Phi}_{v/h} = 0$ ), ist der Fahrzustand des Fahrzeugs stabil.

Die Berechnung der beiden Gierwinkelgeschwindigkeiten  $\dot{\Phi}_v$  und  $\dot{\Phi}_h$  aus den beschriebenen Größen wird im folgenden unter der Voraussetzung für einen stabilen Fahrzustand, also

$$\dot{\Phi} = \dot{\Phi}_v = \dot{\Phi}_h = \dot{\Phi}_1 = \dot{\Phi}_2 = \dot{\Phi}_3 = \dot{\Phi}_4,$$

hergeleitet:

Ausgegangen wird von der Grundformel:

$$\dot{\Phi}_i = \frac{v_i}{r_i} \quad (1)$$

wobei  $i = 1, 2, 3, 4$ .

Die Radien  $r_i$  sind unbekannt, da keine Sensorik zur Ermittlung dieser Größen vorhanden ist. Daher müssen sie durch andere Größen ausgedrückt werden. Hierzu kann folgende Vereinfachung vorgenommen werden:

Die Radeinschlagwinkel  $\delta_i$  sind achsweise gleich und für die Hinterräder 0.

$$\text{d. h. } \delta_1 = \delta_2 = \delta_v \text{ und } \delta_3 = \delta_4 = \delta_h = 0 \quad (2a)$$

Die Schräglaufwinkel  $\alpha_i$  sind achsweise gleich

$$\text{d. h. } \alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_v \text{ und } \alpha_3 = \alpha_4 = \alpha_h \quad (2b)$$

Der Kreismittelpunkt ist vom Fahrzeug soweit entfernt, daß näherungsweise gilt:

$$r_1 \text{ ist parallel zu } r_2 \text{ und } r_3 \text{ ist parallel zu } r_4 \quad (2c)$$

Aus (2a) bis (2c) folgen die Zusammenhänge:

$$r_1 = r_2 + s_v \cdot \cos(\alpha_v - \delta_v) \quad (3)$$

$$r_3 = r_4 + s_h \cdot \cos(\alpha_h) \quad (4)$$

In der Figur sind zum besseren Verständnis der Formeln beispielhaft für die Formel (3) anhand der Vereinfachungen aus (2a), (2b) und (2c) Hilfslinien eingezeichnet: der zweite Radius  $r_2$  als gestrichelte Linie an Rad 2 parallel zu  $r_1$  verdeutlicht die Vereinfachung (2c). Damit ergibt sich  $r_1$  aus der Addition von  $r_2$  mit dem Dreiecksschenkel  $\cos(\alpha_1 - \delta_1)$  des rechtwinkligen Dreiecks. Mit der Vereinfachung aus (2a) ist  $\cos(\alpha_1 - \delta_1)$  gleich  $\cos(\alpha_v - \delta_v)$ .

Für die Geschwindigkeitsanteile in Radumfangsrichtung  $v_{i,u}$  gilt:

$$v_{i,u} = v_i \cdot \cos(\alpha_i) \quad (5)$$

Aus den Gleichungen (1), (3) und (5) erhält man durch Eliminieren von  $r_1$  und  $r_2$  in Gleichung (3)

$$(r_1 = v_1 / \dot{\Phi}_1, \quad r_2 = v_2 / \dot{\Phi}_2)$$

für den Gierwinkelgeschwindigkeitswert

$$\dot{\Phi}_1 = \dot{\Phi}_2 = \dot{\Phi}_v$$

an der Vorderachse folgende Gleichung:

$$\dot{\Phi}_v = \frac{(v_{1,u} - v_{2,u})}{[s_v * (\cos(\alpha_v) * \cos(\alpha_v - \delta_v))]} \quad (6)$$

Aus den Gleichungen (1), (4) und (5) erhält man durch Eliminieren von  $r_3$  und  $r_4$  in Gleichung (4)

$$(r_3 = v_3 / \dot{\Phi}_3, \quad r_4 = v_4 / \dot{\Phi}_4)$$

für den Gierwinkelgeschwindigkeitswert

$$\dot{\Phi}_3 = \dot{\Phi}_4 = \dot{\Phi}_h$$

an der Hinterachse folgende Gleichung:

$$\dot{\Phi}_v = \frac{(v_{3,u} - v_{4,u})}{[s_h * (\cos^2(\alpha_h))]} \quad (7)$$

Bei instabilen Fahrzuständen entsteht eine weitere, in der Zeichnung nicht dargestellte Größe, nämlich der Umfangsschlupf der einzelnen Räder  $S_i$ . Die Definition des Umfangsschlupfes  $S_i$  lautet abhängig von den Winkelgeschwindigkeiten  $w$  der einzelnen Räder, dem Radradius  $R_0$  und dem Geschwindigkeitsanteil in Radumfangsrichtung  $v_{i,u}$ :

$$S_i = 1 - \frac{v_{i,u}}{(w_i * R_0)} \quad (8)$$

Die Winkelgeschwindigkeiten  $w_i$  der einzelnen Räder sind direkt proportional zu den eingangs genannten, von Sensoren gemessenen Raddrehzahlen an den Vorder- und Hinterrädern.

Löst man die Formel nach dem Geschwindigkeitsanteil in Radumfangsrichtung  $v_{i,u}$  auf, erhält man die Gleichung:

$$v_{i,u} = (1 - S_i) * (w_i * R_0) \quad (9)$$

Ersetzt man in den Formeln (6) und (7) den Geschwindigkeitsanteil der Radgeschwindigkeit in Umfangsrichtung  $v_{i,u}$  durch den in Formel (9) gewonnenen Ausdruck, so erhält man für den Gierwinkelgeschwindigkeitswert  $\dot{\Phi} = \dot{\Phi}_v$  an der Vorderachse (Formel 6)) und für den Gierwinkelgeschwindigkeitswert  $\dot{\Phi} = \dot{\Phi}_h$  an der Hinterachse (Formel 7)) folgende Gleichungen:

$$\dot{\Phi}_v = \frac{[(1 - S_1) * (w_1 * R_0) - (1 - S_2) * (w_2 * R_0)]}{[s_v * (\cos(\alpha_v) * \cos(\alpha_v - \delta_v))]}$$

Gleichung (10a):

$$\dot{\Phi}_h = \frac{[(1 - S_3) * (w_3 * R_0) - (1 - S_4) * (w_4 * R_0)]}{[s_v * (\cos^2(\alpha_v))]}$$

Der Vergleich der beiden Gierwinkelgeschwindigkeitswerte nach vorliegenden Gleichungen (10a) und (10b) zur Erkennung eines instabilen Zustandes wäre nicht durchführbar, da Schräglaufwinkel  $\alpha_i$  und Vorderradeinschlagwinkel  $\delta_i$  aufgrund der Beschränkung der Sensorik allein auf die Messung der Raddrehzahlen unbekannt sind.

Bekannt sind die Radradien  $R_0$ , sowie die Spurweiten  $s_v$  und  $s_h$ . Die Winkelgeschwindigkeiten  $w_i$  können aus den gemessenen Raddrehzahlen errechnet werden.

Die unbekannten Größen können aus den Gleichungen (10a) und (10b) eliminiert werden, wenn diese Gleichungen für den stabilen Zustand erstellt werden. Hierfür werden der Schlupf  $S_i$ , die Schräglaufwinkel  $\alpha_i$  sowie die Vorderradeinschlagwinkel  $\delta_i$  vernachlässigbar klein angenommen; d. h.  $S_i$ ,  $\alpha_i$  und  $\delta_i$  werden mit dem Wert null in die Gleichungen (10a) und (10b) eingesetzt.

Daraus ergibt sich für (10a) der Gierwinkelgeschwindigkeitswert  $\dot{\Phi}_v$ :

$$\dot{\Phi}_v = \frac{(w_1 * R_0) - (w_2 * R_0)}{s_v} \quad (10a)$$

und für (10b) der Gierwinkelgeschwindigkeitswert  $\dot{\Phi}_h$ :

$$\dot{\Phi}_h = \frac{(w_3 * R_0) - (w_4 * R_0)}{s_h} \quad (10b)$$

Sofern ein stabiler Fahrzustand des Fahrzeugs vorliegt, wird die Differenz der beiden Gierwinkelgeschwindigkeitswerte

$$\delta \dot{\Phi}_{v/h} = \dot{\Phi}_v - \dot{\Phi}_h$$

mit der Gleichung

$$\delta \dot{\Phi}_{v/h} = \left[ \frac{(w_1 - w_2)}{s_v} - \frac{(w_3 - w_4)}{s_h} \right] * R_0 \quad (11)$$

null ergeben. Andernfalls liegt instabiler Zustand vor.

Auf diese Weise werden durch das erfindungsgemäße Verfahren ausschließlich Sensoren zur Raddrehzahlfassung benötigt. Zudem ist das rechnerische Vorgehen zur Erkennung eines instabilen Fahrzustandes durch seine Einfachheit und seine Unabhängigkeit vom Fahrerwunsch besonders zuverlässig.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Erkennung querdynamischer Instabilitäten bei einem zweiachsigen Fahrzeug in Kurvenfahrt, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Drehzahlen der Vorder- und Hinterräder erfaßt werden, daß jeweils unter der Annahme eines stabilen Fahrzustandes ein erster Gierwinkelgeschwindigkeitswert ( $\dot{\Phi}_v$ ) aus den Vorderraddrehzahlen und ein zweiter Gierwinkelgeschwindigkeitswert ( $\dot{\Phi}_h$ ) aus den Hinterraddrehzahlen gebildet wird, daß die Differenz der beiden Gierwinkelgeschwindigkeitswerte ( $\delta \dot{\Phi}_{v/h}$ ) gebildet wird, daß diese Differenz der beiden Gierwinkelgeschwindigkeitswerte ( $\delta \dot{\Phi}_{v/h}$ ) mit einem vorgegebenen Toleranzwert verglichen wird und daß eine querdynamische Instabilität erkannt wird, wenn die Differenz der beiden Gierwinkelgeschwindigkeitswerte ( $\delta \dot{\Phi}_{v/h}$ ) den vorgegebenen Toleranzwert überschreitet.
2. Verfahren nach Patentanspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß bei Annahme eines stabilen Fahrzustandes der Umfangsschlupf und/oder der Schräglaufwinkel eines jeden Rades zumindest nahezu Null sind/ist.
3. Verfahren nach Patentanspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Differenz ( $\delta \dot{\Phi}_{v/h}$ ) der beiden Gierwinkelgeschwindigkeiten ( $\dot{\Phi}_v$ ,  $\dot{\Phi}_h$ ) gemäß der Formel:

$$\delta \dot{\Phi}_{v/h} = \left[ \frac{(w_1 - w_2)}{s_v} - \frac{(w_3 - w_4)}{s_h} \right] * R_0$$

berechnet wird, wobei

$w_1, w_2$  die Winkelgeschwindigkeit der Vorderräder,  
 $w_3, w_4$  die Winkelgeschwindigkeit der Hinterräder,  
 $s_v$  die Spurweite der Vorderachse,  
 $s_h$  die Spurweite der Hinterachse und  
 $R_0$  der Radradius  
sind

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

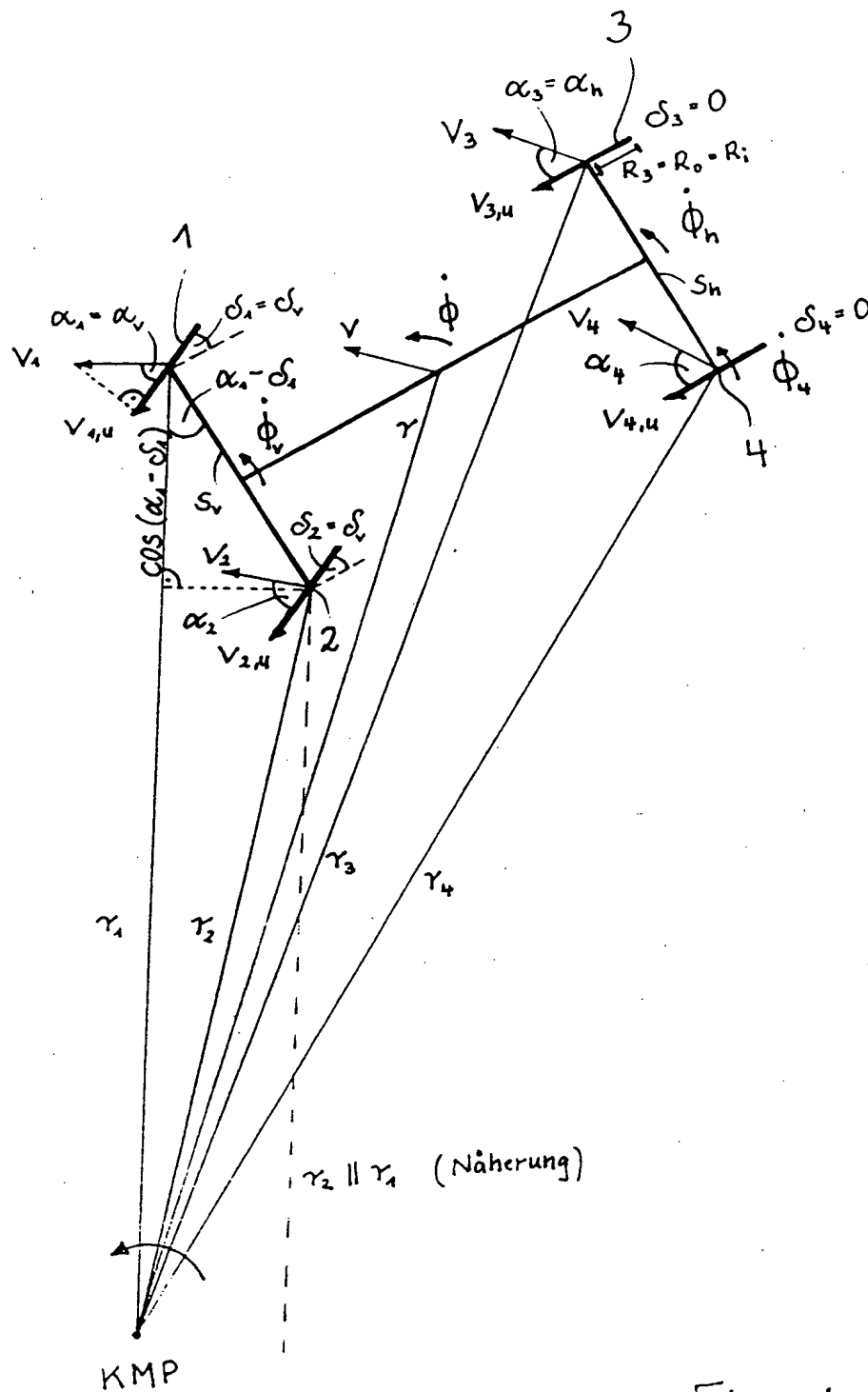


Fig. 1